心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 10, 1883–1898
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.01883

任务和个体特征对事件性前瞻记忆后效的影响及其机制

辛 聪 郑远霞 陈钟奇 刘国雄
(南京师范大学心理学院, 南京 210097)

摘 要 前瞻记忆后效(aftereffects of prospective memory)是指个体错误地重复执行已完成的前瞻记忆意向或已完成的意向对进行中任务产生干扰的现象。基于前瞻记忆多重加工理论, 通过对文献梳理发现, 任务特征(前瞻记忆任务特征、进行中任务特征、任务情境)和个体特征会调节事件性前瞻记忆后效。目前, 关于事件性前瞻记忆后效的加工机制的理论解释主要包括自动化加工、控制加工、提取–抑制加工、停止标记加工、双加工和动态多重加工等。其中, 自动化加工可分为反射–联结加工和差异–搜索加工, 而控制加工又可分为监控加工和抑制加工。事件性前瞻记忆后效的形成与自动化加工和监控加工关系更密切, 而后效的消退更依赖抑制加工。未来研究需深入考察事件性前瞻记忆后效的加工机制, 增加对不同类型以及自然情境中前瞻记忆后效的考察, 注重探究降低前瞻记忆后效的策略。

关键词 前瞻记忆后效, 任务特征, 个体特征, 自动化加工, 控制加工
分类号 B842

1 引言

日常生活中, 经常要记得去完成未来的事件或活动, 这种指向未来的记忆被称为前瞻记忆(Prospective Memory, PM), 它是指在将来某一恰当的时间或情境中, 记得去执行事先计划好的事件或活动的记忆(Einstein & McDaniel, 1990), 通常可划分为事件性 PM 和时间性 PM。事件性 PM 有明确外部线索, 时间性 PM 无明显外部线索, 更依赖自我内部监控。有研究表明, 意向表征在 PM 任务完成后至少部分消退(Matos & Albuquerque, 2021b; Schaper & Grundgeiger, 2019; Walser, Plessow et al., 2014), 但绝大多数研究一致证明 PM 意向完成后并未完全消退, 会导致 PM 后效(Bugg & Streeper, 2019; Cottini & Meier, 2020; Matos & Albuquerque, 2021a; Matos et al., 2020; Meier & Cottini, 2023; Möschl et al., 2020; Streeper & Bugg, 2021)。例如, 病人记得每天服用药片, 当天服用完规定剂量药片后, 因忘记, 他们可能还会重复服用该药品。当药的副作用很大时, 超剂量服用会严重影响身体健康(Kimmel et al., 2007)。上述现象被称为 PM 后效, 它是指 PM 任务完成之后, 个体对已完成的 PM 意向做出错误的重复执行(commission error, CE)或已完成的 PM 意向对进行中任务产生干扰的现象(Bugg et al., 2016; Cottini & Meier, 2020; Matos & Albuquerque, 2021a; Meier & Cottini, 2023; Meier & Rey-Mermet, 2012, 2018; Möschl et al., 2020; Walser et al., 2017; Walser, Plessow et al., 2014; Xin et al., 2022; 郭云飞 等, 2019; 辛聪 等, 2019; 辛聪 等, 2020; 周晨琛 等, 2020)。

双加工或多重加工理论(multiprocess theory)认为 PM 加工过程中既包括自动化加工也包括控制加工(McDaniel & Einstein, 2000; Scullin et al., 2013)。自动化加工(automatic processing)不占用认知资源, 当遇到目标线索时进行自发提取。而控制加工(controlled processing)则会占用认知资源, 个体需对目标线索以及可能出现的情境进行持续监控。该理论认为一系列因素决定了 PM 加工过程中是否消耗更多认知资源, 其中包括任务特征(PM 任务和进行中任务特征)和个体特征等(Einstein & McDaniel, 2005; Einstein et al., 2005; McDaniel & Einstein, 2000; Scullin et al., 2013)。虽

收稿日期: 2022-08-29
通信作者: 刘国雄, E-mail: 17219367@qq.com

然该理论是基于 PM 激活阶段提出的，但激活和完成阶段存在密切关联，影响激活阶段 PM 表现的因素也可能对已完成的 PM 意向产生作用(Matos & Albuquerque, 2021a; Möschl et al., 2020)。目前，虽有部分研究者分别从 PM 任务、进行中任务以及个体特征等方面探究了对事件性 PM 后效的影响(Bugg & Scullin, 2013; Cottini & Meier, 2020; Matos & Albuquerque, 2021b; Matos et al., 2020; Meier & Cottini, 2023; Pink & Dodson, 2013; Schaper & Grundgeiger, 2017; Scullin et al., 2012; Scullin et al., 2011; Scullin et al., 2009; Walser, Goschke & Fischer, 2014; Walser et al., 2017)，但未有研究系统梳理任务和个体特征对事件性 PM 后效的影响。而且，先前对事件性 PM 后效的认知神经机制的梳理还不足，大多关注 PM 后效的形成或消退的某一方面(Matos & Albuquerque, 2021a; Möschl et al., 2020; 黄欢 等, 2018)，未详细地梳理事件性 PM 后效形成和消退的认知神经机制。鉴于此，本文将逐一介绍任务和个体特征对事件性 PM 后效的不同影响，接着进一步梳理 PM 后效形成和消退的认知神经机制，最后总结和归纳现有研究的局限和未来研究的方向。

2 任务和个体特征对事件性 PM 后效的影响

2.1 任务特征对事件性 PM 后效的影响

2.1.1 PM 任务特征

任务特征是指任务的一般属性，如任务类型等。事件性 PM 后效的研究中包括了 PM 任务和进行中任务，可从这两种任务的特征来综合分析对 PM 后效的影响。PM 任务特征主要包括 PM 线索特征(显著性、聚焦性、语义和知觉线索类型、线索数量等)和 PM 任务性质(习惯性 PM 任务、激活和完成阶段 PM 任务相似性等)。研究发现，PM 线索特征除了与激活阶段 PM 表现有关外，还会影响 PM 后效的大小。显著性线索通常是操纵 PM 线索的特异性，使其明显区别于其他刺激。大多研究是改变 PM 线索的颜色，非显著性线索通常是黑色或白色，它们与进行中任务刺激颜色一致，而显著性线索的颜色通常为红色，它们与进行中任务刺激明显不同。研究发现显著性线索由于其“凸显”的外部视觉特征，会促进 PM 意向自发提取(Harrison et al., 2014; Kretschmer-Trendowicz & Altgassen, 2016; Smith et al., 2007)。Scullin 等人(2012)系统比较了显著性和非显著性线索对 PM 后效的影响发现，显著性线索比非显著性线索产生了更多的重复执行错误。这可能是显著性线索在完成阶段处于更高水平的激活状态，被试更易对其自发提取，进而增大 PM 后效。

先前较少将线索显著性和聚焦性进行区分，多数研究直接采用了显著性且聚焦性的 PM 线索(Bugg & Scullin, 2013; Bugg et al., 2013; Bugg et al., 2016; Pink & Dodson, 2013; Scullin & Bugg, 2013; Scullin et al., 2011; Scullin et al., 2009)。除显著线索外，聚焦性线索也会增大 PM 后效(Hefer et al., 2017; Meier & Cottini, 2023; Meier & Rey-Mermet, 2018)。聚焦性是指进行中任务能否促进 PM 线索关键特征的加工，若能促进，则为聚焦加工；反之，为非聚焦加工。在聚焦加工条件下，进行中任务的加工能促进目标线索关键特征的加工，这涉及自动化加工。Meier 和 Cottini (2023)以重复执行错误和原 PM 线索以及进行中任务反应时为指标发现，聚焦性线索能增强 PM 任务和进行中任务的加工重叠性，导致对已完成意向的自发提取，进而增大 PM 后效。

近期研究发现，语义和知觉线索类型会调节 PM 后效。与显著性线索不同，知觉线索并非都具有“凸显”的外部特征，其与进行中任务刺激的知觉特征可能相当。Cottini 和 Meier (2020)将被试随机分配为语义或知觉线索条件。知觉线索条件中要求被试遇到红色或黄色物体进行特定的按键反应，而在语义线索条件下要求被试遇到属于动物或船舶的物体进行特定的按键反应。以重复执行错误和原 PM 线索以及进行中任务反应时为指标发现，语义线索比知觉线索产生更大的 PM 后效。他们认为语义线索比知觉线索更消耗认知资源，更依赖监控加工。在 PM 激活阶段中监控加工会增强 PM 线索和意向的关联，积极地参与监控会增大 PM 后效。

Bugg 和 Scullin (2013)操纵线索数量发现，PM 意向未完成条件(0 个 PM 线索)比 PM 意向已完成条件(4 个 PM 线索)更易产生 PM 后效，这可通过蔡加尼克效应(Zeigarnik effect)来解释，即未执行的意向比已执行的意向更难忘记(Marsh et al, 1998; Zeigarnik, 1938)。因此，和 4 个线索相比，0 个线索条件中 PM 意向可能处于更高的激活水平，

更易导致重复执行错误，即产生更大的 PM 后效。多次执行 PM 意向可能出现两种结果：(1) 增加线索–意向活动的关联，促进对已完成 PM 意向的自发提取，导致 PM 后效(McDaniel et al., 2009; Pink & Dodson, 2013); (2) 增加已完成 PM 意向的情境痕迹或形成更丰富的意向完成表征，更易产生不去执行(No-Go)的记忆。当认知资源充足时可通过抑制控制使已完成 PM 意向消退，进而降低 PM 后效，这涉及抑制加工(Bugg et al., 2016; Walser, Plessow et al., 2014)。既然事先执行过 PM 任务容易使已完成意向消退，那么线索出现的次数会对 PM 后效产生何种影响？Walser 和 Plessow 等人(2014)在研究中操纵完成阶段中 PM 线索出现的次数(4 次或 12 次)并结合原 PM 线索和进行中任务反应时发现，PM 线索出现 12 次并不会增大 PM 后效。当多次执行 PM 反应后促进了已完成意向消退，这符合上述多次执行 PM 意向的第二种结果，它更适合用抑制加工的观点来解释。

研究者大多基于线索–意向活动的联结强度来解释线索特征对 PM 后效的影响，这一联结强度与 PM 意向的编码方式有关。对编码方式的操纵主要是在 PM 意向形成的编码阶段中，通过指导语的方式来增加或减弱形成 PM 线索–意向的强度。和标准编码相比，执行意向编码产生了更大的 PM 后效(Bugg et al., 2013)。执行意向编码(implementation intention encoding)建立了线索和意向之间的联结强度，具体形式是采用“如果遇到 X，那么就执行 Y”的指导语。该策略包含两种成分：“如果” (if)和“那么” (then)。“如果”成分是指对预期情境进行觉察，“那么”成分则是自动激活并执行与目标意向相关的行为反应(Bugg et al., 2013; Zimmermann & Meier, 2010)。该编码策略促使个体对情境进行心理表征，并将情境与行为反应紧密联系，它能促进已完成意向的自发提取，进而增大 PM 后效。

除线索特征外，PM 任务性质也会影响 PM 后效的大小。研究中大多要求被试在激活阶段多次执行 PM 任务，完成阶段遇到原 PM 线索对其执行进行中任务反应。习惯性 PM 任务是指激活阶段中增加对 PM 目标的特定反应，建立习惯化的刺激–反应联结，这能促进对已完成意向的自发提取，导致 PM 后效。多次执行 PM 意向并不一定会产生习惯性 PM 反应，与仅执行数次或十几次 PM 任务相比，执行几十次 PM 意向更易产生习惯性 PM 反应。因此，习惯性 PM 任务中多次执行 PM 任务可能导致对已完成 PM 意向的自动化加工，还可能产生更丰富的意向完成表征，对已完成 PM 意向进行抑制加工。由于 PM 后效受多种因素的调节(例如，任务负荷、个体执行控制水平等)，这些因素均会影响研究结果。如果和非习惯性 PM 相比，在习惯性 PM 任务中观察到更大的 PM 后效，那么用自动化加工或双加工的观点来解释更合适。如果和非习惯 PM 相比，在习惯性 PM 中观察到更小的 PM 后效，则用抑制加工的观点解释更恰当。McDaniel 等人(2009)发现习惯性 PM 任务会增加线索与意向活动联结，这会导致更高的重复执行错误。与此类似，Pink 和 Dodson (2013)操纵了 PM 任务的习惯性发现，和非习惯条件相比，习惯条件会增加重复执行错误。激活阶段中对 PM 线索形成了习惯化反应，完成阶段中原 PM 意向处于高水平激活状态更易对其自发提取，需要更高水平的抑制控制才能消退，个体通常会出现抑制失败，导致 PM 后效。

Walser 等人(2017)调查了激活和完成阶段 PM 任务的相似性如何影响 PM 后效。该研究将激活和完成阶段 PM 线索和反应类型分为了 4 种条件：线索和反应类型均相似、线索和反应类型均不同、线索相似但反应类型不同、线索不同但反应类型相似。以重复执行错误、原 PM 线索和进行中任务反应时为指标发现，仅激活和完成阶段 PM 线索相似会促进对已完成 PM 意向的自发提取，导致更大的 PM 后效。PM 后效代表了意向表征刺激成分的持续激活，在线索相似性条件中引发了对原 PM 线索行动成分的自动化提取，它并不是将 PM 意向表征存储为线索和行为反应间的具体联系。因为激活和完成阶段 PM 反应类型的相似性并不影响 PM 后效的大小，这说明对已完成 PM 意向的表征储存可能并不具体到线索和特定按键的联结(Walser et al., 2017)。

2.1.2　进行中任务特征

除 PM 任务特征外，进行中任务特征也会影响 PM 后效。进行中任务特征包括进行中任务负荷以及激活和完成阶段进行中任务的匹配性。如果增加进行中任务认知负荷，那么用来抑制已完成 PM 意向的认知资源将减少。当认知资源不足时，会出现抑制失败，导致 PM 后效。部分研究者

在完成阶段中增加了进行中任务认知负荷，例如在进行中任务中增加音调监控任务(Boywitt et al., 2015)或数字监控任务(Pink & Dodson, 2013)，结果发现，增加进行中任务认知负荷会增大 PM 后效。近期, Matos 等人(2020)在进行中任务(词汇判断任务)中增加了计数回忆任务，要求被试除了执行进行中任务还需计算黄色屏幕出现的数量(中等负荷)或所有色彩屏幕的数量(高负荷)。以重复执行错误、原 PM 线索和进行中任务反应时为指标发现，和无负荷相比，中等负荷条件 PM 后效更大，中等和高负荷条件 PM 后效无差异。在高负荷条件下并未出现更大的 PM 后效，可能因为认知负荷干扰了对 PM 线索的加工，阻碍了已完成 PM 意向进入意识水平。鉴于高进行中任务认知负荷中未观察到明显的 PM 后效，推测进行中任务的认知负荷与 PM 后效之间可能是一种非线性关系，即进行中任务认知负荷增加并不一定会增大 PM 后效。

先前较少区分 PM 激活和完成阶段进行中任务的差异，大多将两阶段进行中任务设置相同(Matos & Albuquerque, 2021a; Möschl et al., 2020; Scullin et al., 2011; Scullin et al., 2009)。Scullin 等人(2012)发现，激活和完成阶段进行中任务的匹配性会影响 PM 后效。匹配条件下激活和完成阶段进行中任务均为词汇判断任务，非匹配条件下激活阶段进行中任务为图形评定任务，而完成阶段为词汇判断任务。结果发现，激活和完成阶段进行中任务匹配条件会产生更高的重复执行错误。激活和完成阶段进行中任务相匹配会增加认知加工的重叠性，促进对已完成 PM 意向的自发提取。完成阶段遇到原 PM 线索更可能出现抑制失败，导致 PM 后效。

2.1.3 任务情境

除 PM 任务和进行中任务特征外, PM 后效还与任务情境有关。任务情境指的是与任务相关的设置及其执行背景。其中，任务范式以及激活和完成阶段之间的任务背景设置与 PM 后效的形成和消退相联系。实验室研究中，用于评估事件性 PM 后效的范式主要分为：PM 线索语义联结范式(Event-based PM paradigms with semantic associates of PM cues)和不再相关 PM 线索范式(Event-based PM paradigms with no longer relevant PM cues)。其中，不再相关 PM 线索范式可细分为：重复错误范式(repetition error paradigm)、重复循环范式(repeated cycles paradigm)和执行错误范式(commission errors paradigm)三种类型(Matos & Albuquerque, 2021a; Möschl et al., 2020)。(1)PM 线索语义联结范式要求被试在与词汇判断任务交替进行的图片评定任务中检索图片组合。在检索到 PM 图片线索组合后，将与 PM 线索语义相关的单词与不相关单词的词汇判断的反应时进行比较，相似或较慢的反应被认为是已完成意向的消退或抑制(Förster et al., 2005); (2)重复错误范式并不涉及 PM 完成阶段，通常要求被试在 PM 线索首次出现时进行特定的 PM 反应，并在 PM 线索再次出现时进行不同按键反应。因此，如果被试对首次呈现的 PM 线索做出了正确反应后，那么 PM 线索再次出现时仍对其进行原 PM 反应，就会导致重复执行错误(Matos & Albuquerque, 2021a); (3)重复循环范式中，被试将完成多个循环的激活和完成阶段(Walser et al., 2012; Walser, Goschke & Fischer, 2014; Walser et al., 2017; Walser, Plessow et al., 2014)。激活阶段结束后，告知被试 PM 任务已完成，只需执行进行中任务即可。在完成阶段结束后，下一个新的激活−完成周期开始，其中会出现另外的 PM 线索。通过比较不再相关的 PM 线索和基线试次之间的差异(反应时、进行中任务错误和重复执行错误等)来评估 PM 后效; (4)执行错误范式则要求被试执行单个激活和完成阶段(Bugg & Scullin, 2013; Bugg et al., 2013; Bugg & Streeper, 2019; Scullin & Bugg, 2013; Scullin et al., 2012; Scullin et al., 2011)，实验中并不要求被试仅对首次出现的 PM 线索进行特定反应。激活阶段中被试除了要执行进行中任务外，还需对 PM 目标进行特定反应。完成阶段不需要对原 PM 目标进行特定反应，只需执行进行中任务。PM 后效可通过完成阶段中被试对原 PM 目标的反应情况或对进行中任务的干扰反映出来(Möschl et al., 2020)。Schaper 和 Grundgeiger (2017)在执行错误范式的基础上开发出延迟−执行范式(delay-execute paradigm)来考察 PM 后效。该范式要求在 PM 意向被提取后并不马上去执行相关的行动反应，在此期间有明确的时间延迟。它与执行错误范式有两个关键不同：首先，只有在延迟−执行范式中意向提取和执行之间有明显的时间暂停；其次，在延迟−执行范式中 PM 线索通常具有高显著性，以

确保被试能提取 PM 意向, 但在执行错误范式中并非总是高显著性的 PM 线索。各研究范式间存在较大差异, 例如, PM 线索语义联结范式涉及线索或预期动作相关联的语义网络, 其在意向完成后可能更快被抑制。而在不再相关 PM 线索范式中更涉及线索表征、预期动作或线索−行动的刺激反应联结, 它们在意向完成之后更难消退(Möschl et al., 2020)。除此之外, PM 线索语义联结范式和重复错误范式并不涉及 PM 完成阶段, 而重复循环范式、执行错误范式和延迟−执行范式均涉及 PM 激活和完成阶段。重复循环范式在衡量 PM 后效的过程中需要不断转换对已形成 PM 意向的反应, 而执行错误范式中对该能力的要求相对较低, 而且二者用来衡量 PM 后效的指标也存在差异。综上, 任务范式的差异在某种程度上也可能影响 PM 后效的大小。

除了任务范式外, 激活和完成阶段之间的时间延迟和任务负荷也与 PM 后效有关。随着时间流逝和来自其他记忆内容的干扰, 意向表征可能在意向完成之后随时间延迟逐渐消退(Walser, Plessow et al., 2014)。Scullin 等人(2009, 2011)通过操纵完成阶段遇到原 PM 线索的间隔时间来设置长(需执行含有 80 个试次的图片评定任务)、短时间延迟(需执行含有 24 个试次的图片评定任务)。以原 PM 线索和进行中任务反应时为指标发现, 两种时间延迟条件下, 原 PM 线索与基线试次的反应时无显著差异, 即时间延迟并不影响 PM 后效。与此不同, Walser 等人(2012)发现了 PM 后效随延迟时间的增加逐渐减小。类似地, Walser 和 Plessow 等人(2014)通过在完成阶段设置两个包含原 PM 线索的组块, 结果发现仅第一个组块中被试对原 PM 线索反应更慢, 第二个组块中并未观察到原 PM 线索与基线试次反应时的差异, 这说明在长时间延迟条件中更不易产生 PM 后效。目前, 关于时间延迟与 PM 后效的关系还存在不一致的结论, 造成这种差异的可能原因包括研究采用的范式、PM 任务和进行中任务的类型以及延迟间隔长短的设置等。Walser 等人采用重复循环范式, PM 任务要求对特定的符号进行判断(知觉线索), 进行中任务为数字奇偶判断任务, 时间延迟通过前后组块进行设置。而 Scullin 等人的研究主要采用执行错误范式, PM 任务要求对特定单词进行判断(语义线索), 进行中任务是词汇分类任务, 时间延迟是在完成阶段开始之前执行包含长短不一的图片评定任务, 执行该任务是产生干扰还是延迟值得思考。

在激活和完成阶段之间增加任务负荷也会影响 PM 后效的大小。Walser 和 Goschke 等人(2014)通过操纵 PM 激活和完成阶段之间的任务负荷并结合原 PM 线索和进行中任务反应时发现, 与控制条件相比, 在激活阶段之后执行对认知资源需要更高的任务可降低 PM 后效。近期, Matos 和 Albuquerque (2021b) 也探究了 PM 激活和完成阶段间任务负荷对 PM 后效的影响。被试在无工作记忆负荷中完成一项言语理解任务, 在高、低工作记忆负荷中分别完成 3-back 和 1-back 任务。以原 PM 线索和进行中任务反应时为指标发现, 与无工作记忆负荷相比, 高、低任务负荷产生了更少的 PM 后效。已完成 PM 意向的消退依赖于完成阶段开始前的认知资源。在 PM 激活阶段之后立即执行一项中等或高工作记忆负荷任务, 会促进已完成 PM 意向消退。

2.2　个体特征对事件性 PM 后效的影响

2.2.1　年龄

除任务特征外, 个体特征也会影响 PM 后效。个体特征指的是个体在生理、心理和行为等方面所拥有的特性和差异。大量研究考察了不同年龄群体 PM 后效的差异, 结果发现 PM 后效与年龄所带来的认知老化存在密切关联(Boywitt et al., 2015; Bugg et al., 2013; Bugg et al., 2016; Cottini & Meier, 2020; May et al., 2015; Scullin et al., 2012; Scullin et al., 2011)。Cottini 和 Meier (2020)首次将三个年龄群体的 PM 后效进行比较发现, 激活阶段中儿童对 PM 线索的监控少于年轻人和老年人, 但完成阶段中, 儿童和老年人比年轻人出现了更大的 PM 后效。儿童的认知功能还处于发展阶段, 遇到已完成 PM 意向时难以对其完全抑制(Cottini & Meier, 2020)。另外, 由年龄所造成的认知老化会使个体抑制控制能力下降, 该能力与阻止优势反应和减少无关刺激的干扰密切相关。与年轻人相比, 儿童和老年人由于抑制控制能力不足, 完成阶段中难以抑制对已完成 PM 意向的自发提取, 容易形成 PM 后效(Scullin et al., 2011; 辛聪 等, 2019)。

2.2.2　执行控制与输出监控

执行控制是一种高级认知能力, 指个体在信

息加工过程中，根据目标导向，自上而下对相关信息进行储存、计划和操控的能力(Braver & Barch, 2002)。执行控制能力与 PM 后效的大小呈负相关(Scullin et al., 2012; Scullin et al., 2011)。Scullin 等人(2012, 2011)通过 Stroop 任务、连线测试(Trail Making Test)以及威斯康星卡分类任务(Wisconsin Card Sorting Task)来衡量个体执行控制能力并探究与 PM 后效的关系发现，个体执行控制能力越高，PM 后效越不明显。对已完成 PM 意向的输出监控(output monitoring)是降低 PM 后效的重要因素，完成阶段中个体需注意并回忆起已执行过原 PM 意向。输出监控是指对预期行动是否已完成的记忆(Ball et al., 2018; Skladzien, 2010)，输出监控失败可能导致重复执行或遗漏计划好的行动。Ball 等人(2018)发现，注意控制与激活阶段 PM 的输出监控有关，而已完成 PM 意向的输出监控与情景记忆相联系。当被试判断原 PM 线索先前已出现过，并正确按下“重复”键，则为输出监控成功。而输出监控失败则是被试判断原 PM 线索首次出现并错误按下“首次出现”键(即重复执行错误)或未能检测到原 PM 线索(即漏报)。结果发现，无论涉及何种注意加工，一旦 PM 意向已完成，输出监控的表现与原 PM 线索的情景信息相联系，输出监控能力越强，会促进已完成 PM 意向的消退。

2.2.3 人格特征

行动与状态导向被认为是 PM 后效的潜在调节因素(Penningroth, 2011)。状态导向(state orientation)是指在新意向方面优柔寡断和犹豫不决的倾向性，而行动导向(action orientation)则是立即采取行动和果断地启动新意向的倾向性(Goschke & Kuhl, 1993)。Kuhl 和 Beckmann (1994)认为个体可能具有行动与状态导向的倾向性，这种倾向性被认为是一种人格特质，它随时间推移逐渐发展稳定。研究表明，状态导向比行动导向的个体更能将意向保持在高水平的激活状态。而且，状态导向的被试更多表现出对未成功完成意向的持续检索(Beckmann, 1994; Goschke & Kuhl, 1993)。根据持续或剩余激活(residual activation)的观点，PM 任务通常比记忆中的其他内容处于更高的激活水平，当已完成的 PM 意向继续保持在高激活水平时，就会产生 PM 后效(Walser et al., 2012)。Walser 和 Goschke 等人(2014)以原 PM 线索和进行中任务反应时为指标发现状态导向比行动导向的个体产生了更大的 PM 后效。状态导向的个体对 PM 线索反应更慢可能反映出精细化加工，这增强了 PM 意向表征，使得已完成 PM 意向更难消退，从而产生更大的 PM 后效。

2.3 小结

综合 PM 任务特征来看，显著性和聚焦性线索以及增加线索−意向的联结强度会促进对已完成 PM 意向的自发提取，而语义线索可能促进对已完成 PM 意向的持续监控，它们均易于形成 PM 后效。与未执行过 PM 意向相比，执行过 PM 意向会促进 PM 后效消退。当降低线索显著性和聚焦性以及线索−意向联结强度会有利于已完成 PM 意向消退，与语义线索相比，知觉线索也能促进已完成 PM 意向消退。习惯性 PM 任务以及激活和完成阶段 PM 线索类型的相似性通常会促进对已完成 PM 意向的自动化加工，个体难以抑制自发提取的 PM 意向，这更易形成 PM 后效。而当降低 PM 任务习惯性以及激活和完成阶段 PM 线索类型的相似性则可能促进 PM 后效的消退。

从进行中任务特征来看，高进行中任务认知负荷通常会占用更多认知资源，那么完成阶段用于抑制已完成 PM 意向消退的认知资源则不足，这更易形成 PM 后效。激活和完成阶段进行中任务的匹配性会促进对已完成 PM 意向的自发提取，需要更高水平的抑制控制才能使其消退，个体通常会出现抑制失败，导致 PM 后效。因此，当降低进行中任务认知负荷，有限的认知资源可用来抑制已完成 PM 意向的消退。而且，降低激活和完成阶段进行中任务的匹配性可能减少对已完成 PM 意向的自发提取，促进 PM 后效消退。

任务情境的设置也可能影响 PM 后效，其中包括任务范式以及激活和完成阶段的任务设置。目前，仅推测任务范式上的差异可能会影响 PM 后效的大小，但何种范式更易促进 PM 后效的形成或消退还需进一步探究。已完成 PM 意向的消退与激活和完成阶段的任务设置有关，通常情况下，增加激活和完成阶段之间的时间延迟会降低已完成意向的激活状态，促进意向表征的消退。当增加两阶段之间的任务负荷，则可能干扰对已完成 PM 意向的提取。因此，二者均有助于 PM 后效的消退。反过来，当减少激活和完成阶段之间的时间延迟和任务负荷，可能更易形成 PM 后效。

个体特征方面, 随年龄增长所带来的认知老化难以使已完成 PM 意向消退, 容易形成 PM 后效。执行控制与输出监控能力被认为与 PM 后效的消退存有密切关联, 与其相关的能力越高时, 越易促进 PM 后效消退。而当这些能力不足时, 更易形成 PM 后效。行动导向的个体在启动新意向和抑制已完成 PM 意向方面更有优势, 更可能促进 PM 后效消退。状态导向的个体难以使已完成 PM 意向消退, 更易形成 PM 后效。

3　事件性 PM 后效形成和消退的认知神经机制

有关 PM 后效的研究多聚焦于影响因素, 对其加工机制的探究还很有限。大多研究通过前瞻干扰效应来说明加工机制问题, 它是指个体执行 PM 意向会对进行中任务产生干扰(进行中任务反应时变慢)的现象(Marsh et al., 2006; McDaniel & Einstein, 2000)。在 PM 后效的研究中, 可将实验条件下完成阶段进行中任务(包含原 PM 线索和进行中任务)与基线条件(仅包含进行中任务)的反应时进行比较, 如果二者无差异, 说明已完成的 PM 意向并不消耗认知资源, 支持自动化加工。如果个体在实验条件中的反应时慢于基线条件, 说明完成阶段中已完成的 PM 意向会消耗认知资源, 支持控制加工。PM 后效的形成和消退可能涉及不同的加工机制, 后效形成过程与自动化加工和监控加工关系更密切, 而后效的消退过程则更依赖于抑制加工。

3.1　事件性 PM 后效形成的认知神经机制

3.1.1　事件性 PM 后效形成的认知加工机制: 自动化加工与监控加工

自动化加工理论认为, PM 后效的形成并不消耗认知资源, 它不需分配认知资源来监控原 PM 线索出现的环境。激活阶段中已编码和执行过 PM 意向, 线索与刺激反应间建立起较强联结, 并处于高水平的激活状态。完成阶段中遇到原 PM 线索, 个体会对已完成 PM 意向进行自发提取, 导致 PM 后效(Anderson & Einstein, 2017; Bugg et al., 2013; Cohen et al., 2020; Meier & Rey-Mermet, 2018; Scullin & Bugg, 2013; Scullin et al., 2011; Scullin et al., 2009)。已完成 PM 意向的自动化加工可细分为: 反射−联结加工(reflexive-associative process)和差异−搜索加工(discrepancy-plus-search processing)两种类型(Kurtz et al., 2022; McDaniel et al., 2015; Scullin et al., 2013)。反射−联结加工认为, 在形成 PM 意向并将该意向储存在长时记忆后, 遇到原 PM 线索会反射性地重新激活原 PM 线索与预期动作间的刺激−反应联结(McDaniel et al., 2004; McDaniel et al., 2015), 进而形成 PM 后效。差异−搜索加工则认为, 在执行进行中任务过程中对 PM 线索进行特定反应会导致差异化体验, 这会触发记忆中关于所体验的差异来源的搜索加工(Breneiser & Mcdaniel, 2006)。它通过干扰任务加工流畅性, 触发随后在记忆中自动搜索, 并提取已完成的 PM 意向(Kurtz et al., 2022), 从而形成 PM 后效。由于自发提取加工的两个过程都可能表现为完成阶段进行中任务反应减慢或重复执行错误(Bugg & Streeper, 2019; Möschl et al., 2020), 因此这两个过程所反映的 PM 后效难以通过反应时或重复执行错误等离散指标直接区分。鼠标追随技术(mouse tracking)可记录连续反应数据, 它能追踪鼠标移动的方向和速度, 并能提供反应选择过程中可能发生的认知加工的信息。Kurtz 等人(2022)结合该技术考察了 PM 后效(基于重复执行错误、原 PM 线索和进行中任务反应时)是依赖于自发提取中的反射−联结加工还是差异−搜索加工。将完成阶段遇原 PM 线索与进行中任务试次比较时, 如果鼠标移动速度降低支持差异−搜索加工, 如果移动曲率和角度增加则支持反射−联结加工。他们发现, 完成阶段中遇到原 PM 线索时更会导致鼠标移动曲率和角度的增加, 结果验证了反射−联结加工。

控制加工理论认为, PM 后效的形成会消耗认知资源。根据认知资源的去向, 分为监控加工(strategic monitoring processing)和抑制加工(inhibition processing)。监控加工认为, 已完成 PM 意向处于高水平的激活状态, 被试在完成阶段仍投入认知资源对其进行持续搜索和积极监控, 这类似于预备注意与记忆加工(preparatory attentional and memory processing)。完成阶段中遇到原 PM 线索时不需要再对其进行特定的按键反应, 只需执行进行中任务反应。由于个体持续地对原 PM 线索进行监控, 在完成 PM 意向后为了增加探测原 PM 线索的机会, 可能策略性地减缓对进行中任务的反应。其中, 增加探测原 PM 线索的机会可能降低了重复执行错误, 但这会增加对完成阶

段进行中任务的干扰。PM 后效的形成与自上而下的监控加工或意向完成后策略性反应变慢相联系。因此, 投入的认知资源越多, 那么监控就更强, 更易形成 PM 后效(Meier & Rey-Mermet, 2012; Möschl et al., 2019; Strickland et al., 2018; Walser et al., 2012; Walser et al., 2017)。

根据 PM 多重加工理论的核心假设, 自上而下和自下而上的加工过程涉及 PM 各个阶段(编码、存储、提取、执行及消退阶段) (Ellis, 1996; Kliegel et al., 2002; Matos & Albuquerque, 2021a)。该理论认为, PM 后效涉及两个不同的加工过程: 自发提取加工和抑制加工(Scullin & Bugg, 2013)。研究者们在多重加工理论基础上还提出了动态多重加工理论(dynamic multiprocess view), 该理论认为, 在完成 PM 任务的过程中, 对认知资源的占用并不是简单的有或无的关系, 而是根据情境特征有选择地、动态地投入认知资源(Scullin et al., 2013; Shelton & Scullin, 2017)。根据动态多重加工理论, 在意向完成或不再需要时, 会涉及自下而上的自动化加工和自上而下的策略加工, 个体会根据任务情境动态地调整认知资源的投入(Bugg & Streeper, 2019; Matos & Albuquerque, 2021a)。例如, 当进行中任务认知负荷较低时, 有充分的认知资源来抑制对已完成 PM 意向的提取, 而当进行中任务负荷较高时, 用于抑制已完成 PM 意向的资源不足, 更可能对已完成 PM 意向进行自动化加工。因此在不同进行中任务负荷组块中, 个体会动态地调整认知加工策略。完成阶段遇到原 PM 线索(尤其显著性、聚焦性线索), 个体会自发提取先前相关意向内容, 该过程是自动化加工。而抑制加工的作用是抑制对已完成意向的提取或执行。除此之外, 自发提取过程中涉及的反射−联结和差异−搜索加工会影响控制加工的参与(Kurtz et al., 2022)。反射−联结加工只允许认知控制对已完成 PM 意向的反应水平产生影响, 它通过抑制条件反射触发的对已完成 PM 意向的执行加工(Bugg et al., 2016)。如果已完成意向通过反射−联结加工提取, 认知控制可能仅在意向提取后才能抑制其执行(后期抑制)。而差异−搜索加工允许认知控制在记忆水平发挥作用, 在遇到原 PM 线索时会抑制对经验差异的关联性的记忆搜索(Anderson & Einstein, 2017)。如果通过差异−搜索加工提取, 那么认知控制可能已经抑制或中断了记忆搜索, 这将阻止提取已完成的 PM 意向(早期抑制)。因此, 根据双加工理论以及动态多重加工理论的观点, 在 PM 后效的形成中, 个体可能动态地调整认知策略。已完成 PM 意向会触发自动化加工, 个体可能会抑制对其进行原 PM 反应, 当认知控制受损时, 会出现抑制失败, 进而形成 PM 后效。

综上, 完成阶段中, 个体重复执行已完成 PM 意向或已完成 PM 意向对进行中任务产生干扰均会形成 PM 后效。其中, 遇到已完成 PM 意向并对其进行自发提取, 这更容易产生重复执行错误(Anderson & Einstein, 2017; Scullin & Bugg, 2013; Scullin et al., 2011; Scullin et al., 2009)。完成阶段中对已完成 PM 意向进行持续监控, 会导致对原 PM 线索和进行中任务的反应时延长, 此时会对进行中任务产生干扰(Meier & Rey-Mermet, 2012; Möschl et al., 2019; Walser et al., 2012; Walser et al., 2017)。双加工理论和动态多重加工则支持对已完成 PM 意向进行自发提取和抑制加工, 当认知资源不足时, 会形成 PM 后效。但是, 当认知资源充足时, 也会促进 PM 后效的消退。因此, 自动化加工和监控加工可能更有效地解释 PM 后效的形成。

3.1.2 事件性 PM 后效形成的神经机制

既然 PM 后效的形成与自动化加工、监控加工关系密切, 那么梳理与其相关的神经通路则能说明 PM 后效形成的神经机制。Beck 等人(2014)使用功能磁共振成像(Functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)技术分离了 PM 后效中与自动化加工和监控加工相关的脑区激活。在 PM 完成阶段中遇到原 PM 线索会激活脑岛、后扣带回、腹侧额顶网络、内侧颞叶等脑区, 它们与 PM 意向的自发提取相联系(Beck et al., 2014; Cona et al., 2015), 见图 1。反射−联结以及差异−搜索的自发提取所激活的脑区大致相似, 但有一定差异。完成阶段中遇到原PM线索, 脑岛将PM线索的相关特征进行选择性加工并放大, 然后将这一信息传递给后扣带回(Cona & Rothen, 2019)。差异−搜索自发提取过程中将传递给后扣带回的信息进一步输送给腹侧额叶皮层, 它支持将注意资源从外部线索转移到内部记忆, 以搜索相应的存储痕迹。PM 完成后, 重复出现的原 PM 线索仍会触发从长时记忆中提取相应意向表征, 它涉及回溯记忆或

情景记忆的提取过程，这会激活内侧颞叶相关脑区。通过内侧颞叶将线索与意向活动建立自动化联结并保持在激活状态，当遇到原 PM 线索时，会自发提取相关意向内容，形成 PM 后效(Beck et al., 2014; Scullin et al., 2020; 黄欢 等, 2018)。与此类似，反射−联结自发提取同样涉及脑岛、后扣带回以及内侧颞叶等脑区，与差异−搜索加工不同，传递给后扣带回的信息会先输送给喙外侧前额叶皮层，它负责使已完成 PM 意向在长时记忆中保持激活状态，通过腹侧顶叶皮层激活并反射性提取已完成 PM 意向，从而形成 PM 后效(Beck et al., 2014; Cabeza & Moscovitch, 2013)。

监控加工中，重复出现的原 PM 线索的相关信息首先通过脑岛进行放大，之后将已完成 PM 意向出现的信号输送给前扣带回。完成阶段中原 PM 线索和进行中任务刺激可能会产生相互竞争的冲突信号，这会激活前扣带回。脑岛和前扣带回共同构成了“凸显网络” (salience network)，它用来检测与 PM 意向相关的内外部信息。前扣带回通常与背侧前额叶皮层以及后顶叶皮质共同激活，并形成“认知控制网络结构”，它用于监控已完成的 PM 意向(Beck et al., 2014; Cona et al., 2015; Friedman & Robbins, 2022; 黄欢 等, 2018)。前扣带回会将原 PM 线索与进行中任务的冲突信号传输给背侧额顶网络。由背外侧前额叶皮层、楔前叶、后顶叶皮层等构成的背侧额顶网络与策略性监控加工有关，见图 2。基于该信号，背侧额顶网络会根据进行中任务以及原 PM 线索的反应要求进行自上而下的注意分配并调节感知皮质中相关刺激特征的加工，维持已完成 PM 意向的激活状态，并监测原 PM 线索的出现，当投入认知资源越多时，越易形成 PM 后效(Cona & Rothen,

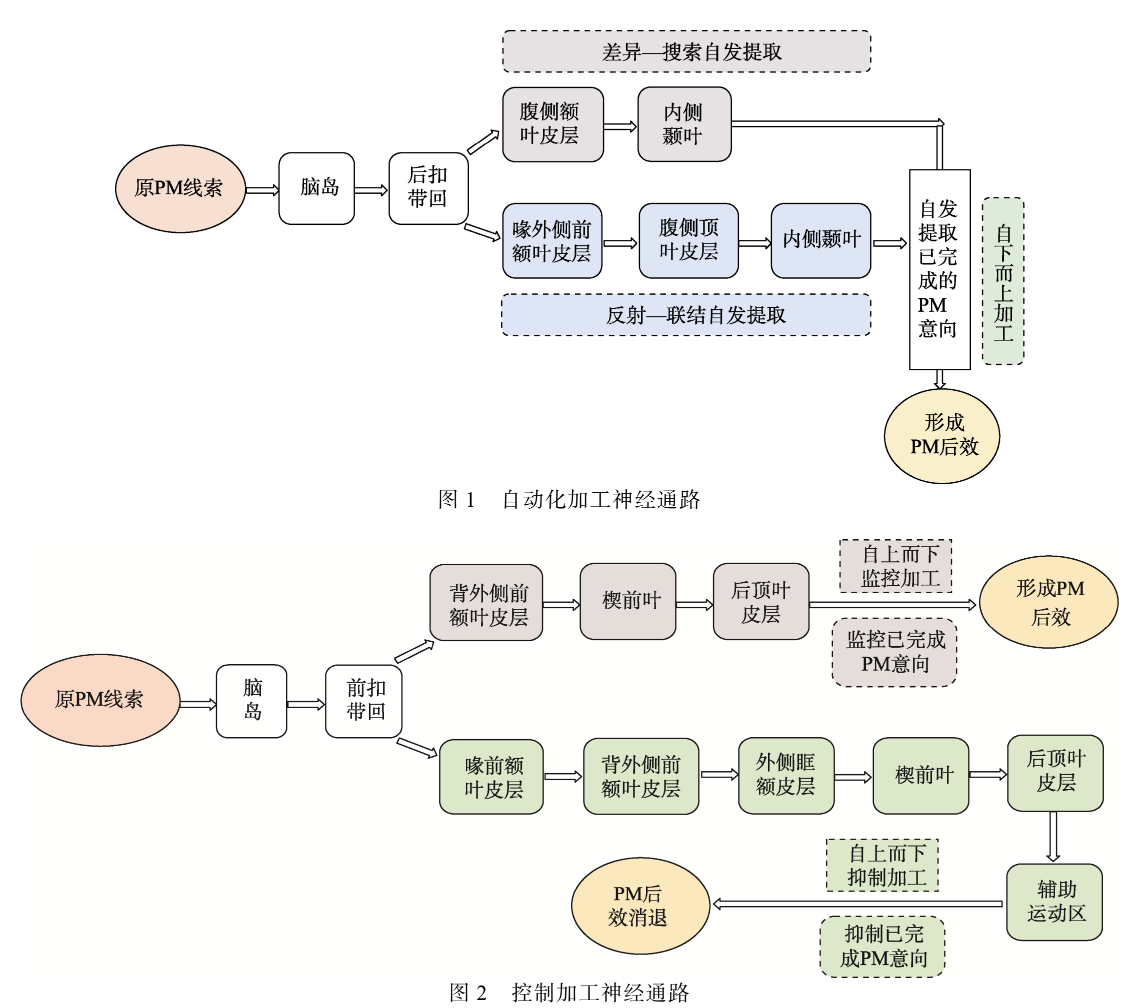


图 1　自动化加工神经通路

图 2　控制加工神经通路

2019; Cona et al., 2015)。

3.2 事件性 PM 后效消退的认知神经机制

3.2.1 事件性 PM 后效消退的认知加工机制：抑制加工

与 PM 后效的形成不同，后效的消退与抑制加工关系更密切。抑制加工认为 PM 意向表征的激活水平在意向完成后被主动降低。与 PM 意向相关的记忆内容的激活水平可能降至基线水平以下，这涉及对已完成 PM 意向相关记忆内容的主动抑制过程。另一种观点认为，抑制加工降低了已完成 PM 意向的激活水平，使其接近但不低于基线水平，它并不是主动抑制加工，而是涉及激活已完成 PM 意向消退的过程。而且，抑制已完成 PM 意向有助于建立新的意向表征(El Haj et al., 2018; Matos & Albuquerque, 2021a; Möschl et al., 2020)。激活阶段中已形成较强的 PM 意向，完成阶段中一旦要求不再执行原 PM 任务，此时需投入认知资源对已完成 PM 意向进行抑制，以保证进行中任务的执行。但抑制加工可能存在先识别原 PM 线索再抑制已完成 PM 意向以及直接抑制(不需要识别原 PM 线索)两种不同的模式。前者指完成阶段遇到原 PM 线索时，首先对其识别，然后投入认知资源抑制已完成 PM 意向。后者则指完成阶段中为保证 PM 后效的消退，个体可能不识别原 PM 线索，而是将整个完成阶段组块作为进行中任务试次，即直接抑制对原 PM 线索的识别和已完成 PM 意向的执行。

停止标记理论(stop-tag)认为，激活阶段中对 PM 意向形成了较深的情节痕迹和丰富的意向完成表征，完成阶段的指导语会将停止标记绑定到不再相关的 PM 线索−反应联结的认知表征上，更易形成不去执行的记忆(Bugg & Scullin, 2013; Bugg et al., 2016)。根据记忆的再巩固理论(reconsolidation theory)，当记忆被重新激活时，它们会暂时变得不稳定。在这种不稳定状态下，记忆可能被中止(Nader & Hardt, 2009)。完成阶段遇到原 PM 线索会重新激活目标−行动的联结，这使得它暂时不稳定并准备中止记忆。因此，完成阶段中遇到原 PM 线索时不再触发对原 PM 意向的记忆，进而促进 PM 后效的消退。

根据动态多重加工理论的观点，在 PM 后效消退过程中，个体也会对已完成 PM 意向进行自发提取，但认知控制水平较高的个体更能成功抑制已完成 PM 意向并使其消退(Bugg & Scullin, 2013; Bugg et al., 2016; Bugg & Streeper, 2019; Kurtz et al., 2022; Matos et al., 2020; Schaper & Grundgeiger, 2019; Scullin & Bugg, 2013)。当个体意识到 PM 意向已完成后，可能除了会抑制意向激活和原 PM 反应(Bugg et al., 2016)，还可能将停止标记与 PM 线索−反应相关联，以便个体再次遇到原 PM 线索时编码新的不执行先前行动的意向(Bugg & Scullin 2013)。无论是 PM 后效的形成还是消退均涉及双加工机制，前者是由于抑制加工不足，形成 PM 后效，后者则是抑制加工水平更高，使得已完成 PM 意向消退。结合 PM 后效的自动化加工、控制加工以及双加工理论，可能还存在提取−抑制加工模式，它本质上仍需要先识别原 PM 线索，然后对已完成 PM 意向进行抑制(Matos & Albuquerque, 2021a; Möschl et al., 2020)，该观点能部分解释 PM 后效的消退。提取−抑制加工可分为自动提取−抑制加工和监控提取−抑制加工。自动提取−抑制加工与上述双加工理论一致，而监控提取−抑制加工则涉及对已完成 PM 意向进行持续监控，提取之后对其进行抑制。由于个体持续地投入认知资源对已完成 PM 意向进行监控，完成阶段中遇到原 PM 线索时首先会对其进行识别，然后对已完成 PM 意向进行提取，这一过程需消耗认知资源。当已完成 PM 意向被提取后，则需抑制加工使其消退。因此，高水平的抑制加工更易促进已完成 PM 意向消退，低水平的抑制加工则难以促使已完成 PM 意向消退。目前，仅有少数研究指出可能存在提取−抑制加工模式，但未系统地探究自动提取−抑制加工与监控提取−抑制加工的区别，未来可采用统一的实验范式对二者进行区分。

在 PM 后效的研究中，通常在完成阶段告知被试遇到原 PM 线索时不需执行原 PM 反应，将其当作进行中任务反应即可，此过程涉及抑制对已完成 PM 意向的提取和执行(Möschl et al., 2020; Pink & Dodson, 2013; Scullin & Bugg, 2013; 郭云飞 等, 2019; 辛聪 等, 2020)。无论是停止标记理论、双加工还是动态多重加工理论均涉及抑制加工的思想，要使已完成 PM 意向消退，在完成阶段遇到已完成 PM 意向时需投入认知资源对其进行抑制或形成不去执行的准备状态。因此，抑制加工可能更有效地解释 PM 后效的消退。

3.2.2　事件性 PM 后效消退的神经机制

PM 后效的消退与抑制加工密切相关，其中抑制加工除了涉及脑岛、前扣带回、背外侧前额叶皮层、楔前叶和后顶叶皮层外，还与喙前额叶皮层、外侧眶额皮层以及辅助运动脑区有关(Cona & Rothen, 2019; Cona et al., 2015; Scullin et al., 2020)。完成阶段遇到原 PM 线索时，与其相关的信息会通过脑岛放大，并将其传递给前扣带回。此时不再需要对已完成PM意向进行PM反应，因此遇到原 PM 线索时会产生反应冲突的信号，而个体需抑制对已完成 PM 意向的反应，这激活了前扣带回与喙前额叶皮层。外侧眶额皮层与建立刺激−反应的新联结并抑制旧的优势反应相联系，它与背外侧前额叶皮层、楔前叶、后顶叶皮层共同构成的额顶网络用来抑制对已完成 PM 意向的提取(Cona & Rothen, 2019; Scullin et al., 2020)。能否成功抑制已完成 PM 意向还与辅助运动区域相联系，该脑区与选择恰当行为反应和抑制不恰当任务反应有关。辅助运动区联合多个躯体感觉区域，将已完成 PM 意向从抽象意识层面转换到具体行动上，即对已完成 PM 意向进行抑制加工(Cona et al., 2015; Emanuel et al., 2021)。当认知资源充足时，会促进对已完成 PM 意向的抑制，导致 PM 后效的消退(见图 2)。

近期，Scullin 等人(2020)发现，老年人内侧颞叶和外侧眶额皮层的体积与重复执行错误存在中等程度的关联，即内侧颞叶体积越大以及外侧眶额皮层体积越小，越易产生 PM 后效。他们认为 PM 后效涉及双加工机制，在自动化加工中内侧颞叶参与线索与意向活动间的联结，并使其在长时记忆保持激活状态。因此，内侧颞叶体积越大，越易促进对已完成 PM 意向自发提取。另外，外侧眶额皮层与学习新的刺激−反应联结后抑制旧的习惯反应有关，而且涉及评估先前刺激−反应出现在当前背景中的适宜性，它与决策和认知控制反应的困难性相联系(Izquierdo et al., 2017)。完成阶段中遇到原 PM 线索时，个体需判断是否继续对其进行 PM 反应，这涉及认知控制相关过程，它与控制加工的观点基本一致。目前，虽未有研究系统梳理 PM 后效中双加工的神经机制，但可根据自动化加工和抑制加工涉及的神经通路进行推测(见图 3)。完成阶段遇到原 PM 线索时，与其相关的信息会通过脑岛放大，并将其传递给扣带回，它可能激活与自动化加工和抑制加工相关的神经通路。已完成 PM 意向的消退依赖于抑制加工，当认知资源充足时会促进 PM 后效消退，但当认知资源和抑制控制能力不足时会出现抑制失败，这会导致 PM 后效。另外，提取−抑制加工模型的神经机制也可以从自动化加工、监控加工以及抑制加工激活的脑区进行推测。未来还需要增加对 PM 后效神经机制的探究，系统地梳理 PM 后效消退所涉及的脑区。

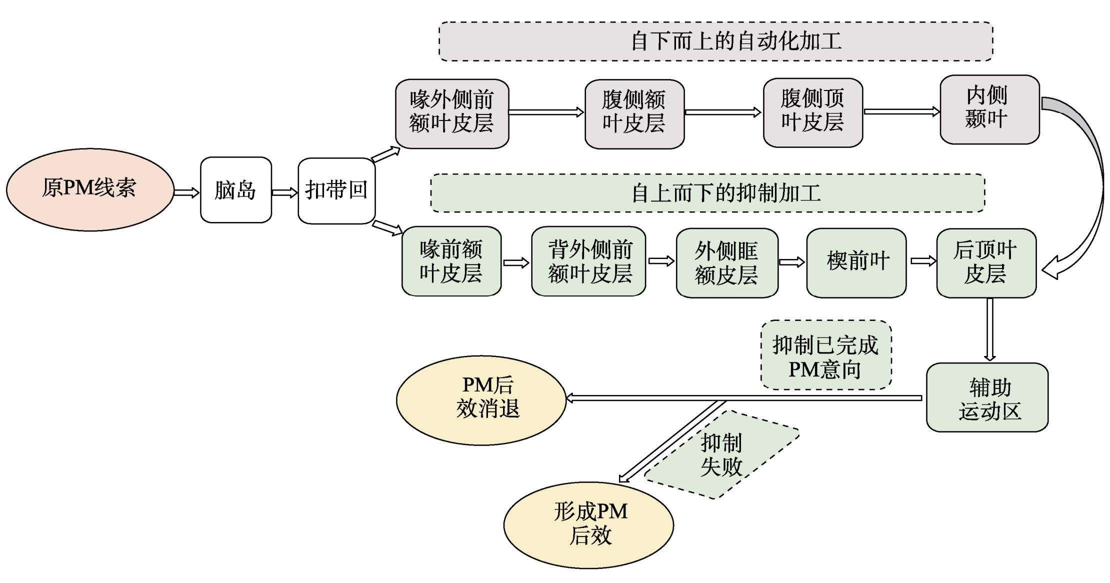


图 3　双加工神经通路

4 总结与展望

已完成 PM 意向可能并未完全消退，它会导致重复执行错误或干扰进行中任务表现，即产生 PM 后效。基于 PM 多重加工理论，影响 PM 后效的因素大致可分为：PM 任务特征、进行中任务特征、任务情境和个体特征。目前，关于 PM 后效形成和消退的认知机制主要涉及自动化加工、控制加工(监控加工、抑制加工)、提取−抑制加工、停止标记加工、双加工和动态多重加工等。其中，自动化加工细分为反射−联结加工和差异−搜索加工，而控制加工可分为监控加工和抑制加工。而提取−抑制加工包括自发提取−抑制加工和监控提取−抑制加工。神经成像的证据表明，PM 后效可能存在自动化加工、控制加工以及双加工的神经通路。但有关 PM 后效的研究还存在一些不足需进一步探究：

4.1 深入考察事件性 PM 后效的加工机制

目前，关于事件性 PM 后效的加工机制还有一些重要的问题值得思考。首先，在自动化加工中，反射−联结和差异−搜索自发提取在多大程度上以及在何种条件下参与了已完成 PM 意向的加工还不清晰。大多研究仅根据结果来推测是否进行了自动化加工，并未对反射−联结和差异−搜索自发提取与 PM 后效的关系进行直接探究。与此类似，目前并不清楚认知控制在何时参与了已完成 PM 意向的消退。而且，认知控制是抑制已完成 PM 意向内容的提取，还是仅仅抑制对已完成意向的执行，或两者兼具？其次，先前在探究加工机制时仅对出现 PM 后效(重复执行错误或对进行中任务产生干扰)的被试反应数据进行分析，认为未出现 PM 后效的被试有效抑制了已完成 PM 意向，并未对已完成 PM 意向进行自发提取。但如果未出现重复执行错误的被试对原 PM 线索的反应慢于基线条件，则可认为即使被试抑制了对已完成 PM 意向的重复执行，仍会自发提取已完成 PM 意向(Matos & Albuquerque, 2021a)。最后，仅有两项研究直接探究了 PM 后效的神经机制，他们均以中老年人为对象，而且样本量较小(Beck et al., 2014; Scullin et al., 2020)，这限制了研究结论的推广。基于此，未来需进一步探究事件性 PM 后效的加工机制，可结合脑神经成像技术来综合说明自发提取中反射−联结以及差异−搜索加工的差异，探究 PM 意向完成后的哪一阶段涉及认知控制加工，并进一步厘清涉及抑制加工和监控加工的反应指标。通过脑成像技术探究 PM 后效的产生与哪一意向表征的消退有关。除此之外，未来还可采用更大样本，对健康年轻人、中老年人和临床人群的 PM 后效进行功能神经成像研究，综合分析出现和未出现 PM 后效的被试反应数据，进一步说明 PM 后效的机制问题。

4.2 增加对不同类型和自然情境中 PM 后效的考察

目前，对 PM 后效的研究主要采用基于事件性 PM 研发的实验范式，这可能无法全面反映 PM 后效。不同类型 PM 对认知资源需求不同，事件性 PM 任务中，目标事件可能自动激活对意向内容的提取。时间性 PM 中恢复意向内容需自我相关的启动，对执行控制资源需求更高，个体需积极监控目标情境，注意时间信息的变化，以保证 PM 任务的成功执行(Einstein & McDaniel, 1990)。事件性 PM 设计的实验范式包含了明确的外部线索，通过观察个体对完成阶段原 PM 线索的反应情况来衡量 PM 后效，而时间性 PM 缺少明显外部线索，难以采用与事件性 PM 相同的指标来衡量 PM 后效，对其后效的探究可能需要寻找其他指标。例如，PM 完成阶段中时间监控次数和重复出现的 PM 按键反应可能是时间性 PM 后效的指标。目前未有研究考察时间性 PM 后效，未来可在现有实验范式的基础上，结合时间性 PM 特征，设计出衡量其后效的研究范式。

现有研究对 PM 后效的考察大多在实验室情境中进行的，与现实生活情境相比，实验室情境中有关 PM 意向的维持阶段普遍较短，被试通常只需完成少量的进行中任务实验试次便遇到第一个 PM 线索。完成阶段中较短的意向维持时间可能导致被试没有充足的时间使已完成的 PM 意向消退，这会高估 PM 后效。而且，现实情境中的 PM 通常需要更复杂的行动计划。另外，实验室情境中对 PM 后效的考察多基于客观指标，例如重复执行错误或反应时。Schaper 和 Grundgeiger (2019)认为被试在完成阶段可能未意识到执行已完成 PM 意向是错误的。完成阶段中遇到原 PM 线索时，个体是否会产生激活或抑制 PM 意向相关内容的想法？未来可增加自然情境中 PM 后效的考察，结合更复杂的行动计划范式以适应现实情境。此外，研究人员可通过收集被试在 PM 完

成阶段主观评估的信息，要求被试报告关于已完成 PM 意向的想法，综合主观评估信息与客观指标以增加对 PM 后效的认识。

4.3　注重探究降低 PM 后效的策略

研究发现，无论年轻人还是老年人均可能出现 PM 后效，但在老年人中该现象尤其突出(Bugg et al., 2016; Scullin et al., 2012; Scullin et al., 2009)。目前对 PM 后效的研究主要聚焦在健康年轻人和老年人方面，少有研究关注临床人群的 PM 后效。El Haj 等人(2018)发现，与健康老年人相比，阿尔茨海默症患者出现了更多的重复执行错误。他们不仅对 PM 相关信息的提取存在困难，而且难以抑制已完成的 PM 意向。因此，未来需拓展对临床人群PM后效的考察，重点探究降低PM后效的策略，这不仅能有效地提高个体日常生活质量，而且在临床实践中也有重要意义。

Bugg 等人(2016)发现遗忘练习策略(forgetting practice strategy)能有效降低 PM 后效。遗忘练习具体是在刺激出现之前个体先执行练习阶段任务，即遇到先前的目标时，只执行当前的任务即可，不再进行 PM 反应。该策略本质上是通过抑制对已完成意向的重复执行来降低 PM 后效，其目标是帮助个体忘记先前相关的意向，通过练习训练的方式形成一种类似“No-Go”的记忆(Bugg et al., 2016)。研究表明外部提示(external reminder)可提高 PM，例如日常生活中，可通过便利贴、备忘录或者闹钟等外部工具来进行提示，帮助去执行将要完成的任务(Faytell et al., 2018; Jones et al., 2021)。Anderson 和 Einstein (2017)认为通过制定日常药品的服用清单来当作信息提示可有效降低PM 后效对临床病人的影响。外部线索提示在日常生活中的可操纵性很强，因此它也是使用较多的一种策略。目前，仅少量研究考察了降低 PM 后效的策略，但 PM 后效对个体日常生活的负面影响较大，未来需增加对降低 PM 后效策略的探究，以提高人们日常生活质量。

参考文献

郭云飞，干加裙，张曼曼，胡锦慧，陈幼贞．(2019)．前瞻记忆后效的加工机制：对自发提取观点和抑制观点的检验．*心理科学, 42*(2), 280−286.

黄欢，刘博，周晨琛，姬鸣．(2018)．前瞻记忆意图后效中执行错误的机制．*心理科学进展, 26*(9), 1600−1607.

辛聪，张曼曼，郭盈秀，陈幼贞．(2019)．前瞻记忆意向后效应的年龄差异．*心理科学, 42*(3), 529−535.

辛聪，张曼曼，郭盈秀，郭云飞，陈幼贞．(2020)．前瞻记忆意向后效应的加工机制：来自眼动的证据．*心理发展与教育, 36*(2), 138−145.

周晨琛，姬鸣，周圆，徐泉，游旭群. (2020). 不同注意状态下前瞻记忆意图后效的抑制效应. *心理科学, 43*(4), 777−784.

Anderson, F. T., & Einstein, G. O. (2017). The fate of completed intentions. *Memory, 25*(4), 467−480.

Ball, B. H., Pitaes, M., & Brewer, G. A. (2018). Individual differences in episodic memory abilities predict successful prospective memory output monitoring. *Memory, 26*(8), 1159−1168.

Beck, S. M., Ruge, H., Walser, M., & Goschke, T. (2014). The functional neuroanatomy of spontaneous retrieval and strategic monitoring of delayed intentions. *Neuropsychologia, 52*, 37−50.

Beckmann, J. (1994). Volitional correlates of action versus state orientation. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Volition and personality: Action versus state orientation* (pp. 155−166). Seattle, WA: Hogrefe & Huber Publishers.

Boywitt, C. D., Rummel, J., & Meiser, T. (2015). Commission errors of active intentions: The roles of aging, cognitive load, and practice. *Aging Neuropsychology and Cognition, 22*(5), 560−576.

Braver, T. S., & Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 26*(7), 809−817.

Breneiser, J. E., & Mcdaniel, M. A. (2006). Discrepancy processes in prospective memory retrieval. *Psychonomic Bulletin and Review, 13*(5), 837−841.

Bugg, J. M., & Scullin, M. K. (2013). Controlling intentions: The surprising ease of stopping after going relative to stopping after never having gone. *Psychological Science, 24*(12), 2463−2471.

Bugg, J. M., Scullin, M. K., & McDaniel, M. A. (2013). Strengthening encoding via implementation intention formation increases prospective memory commission errors. *Psychonomic Bulletin and Review, 20*(3), 522−527.

Bugg, J. M., Scullin, M. K., & Rauvola, R. S. (2016). Forgetting no-longer-relevant prospective memory intentions is (sometimes) harder with age but easier with forgetting practice. *Psychology and Aging, 31*(4), 358−369.

Bugg, J. M., & Streeper, E. (2019). Fate of suspended and completed prospective memory intentions. In J. Rummel, & M. A. McDaniel (Eds.), *Prospective memory* (pp. 44−59). London, UK: Routledge.

Cabeza, R., & Moscovitch, M. (2013). Memory systems, processing modes, and components: Functional neuroimaging evidence. *Perspectives on Psychological Science, 8*(1),

49−55.

Cohen, A.-L., Silverstein, M. J., Derksen, D. G., Hamzagic, Z. I., Bernstein, D. M., & Lindsay, D. S. (2020). Future planning may promote prospective false memories. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 9*(2), 242−253.

Cona, G., & Rothen, N. (2019). Neuropsychological and physiological correlates of prospective memory. In J. Rummel, & M. A. McDaniel (Eds.), *Prospective memory* (pp. 95−115). London, UK: Routledge.

Cona, G., Scarpazza, C., Sartori, G., Moscovitch, M., & Bisiacchi, P. S. (2015). Neural bases of prospective memory: A meta-analysis and the “Attention to Delayed Intention” (AtoDI) model. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 52*, 21−37.

Cottini, M., & Meier, B. (2020). Prospective memory monitoring and aftereffects of deactivated intentions across the lifespan. *Cognitive Development, 53*, Article 100844. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.100844

Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1990). Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16*(4), 717−726.

Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2005). Prospective memory: Multiple retrieval processes. *Current Directions in Psychological Science, 14*(6), 286−290.

Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Thomas, R., Mayfield, S., Shank, H., Morrisette, N., & Breneiser, J. (2005). Multiple processes in prospective memory retrieval: Factors determining monitoring versus spontaneous retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General, 134*(3), 327−342.

El Haj, M., Coello, Y., Kapogiannis, D., Gallouj, K., & Antoine, P. (2018). Negative prospective memory in Alzheimer's Disease: "Do not perform that action". *Journal of Alzheimer's Disease, 61*(2), 663−672.

Ellis, J. (1996). Prospective memory or the realization of delayed intentions: A conceptual framework for research. In M. Brandimonte, G. O. Einstein, & M. A. McDaniel (Eds.), *Prospective memory: Theory and applications* (pp. 115−142). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Emanuel, A., Herszage, J., Sharon, H., Liberman, N., & Censor, N. (2021). Inhibition of the supplementary motor area affects distribution of effort over time. *Cortex, 134*, 134−144.

Faytell, M. P., Doyle, K., Naar-King, S., Outlaw, A., Nichols, S., Twamley, E., & Woods, S. P. (2018). Calendaring and alarms can improve naturalistic time-based prospective memory for youth infected with HIV. *Neuropsychological Rehabilitation, 28*(6), 1038−1051.

Förster, J., Liberman, N., & Higgins, E. T. (2005). Accessibility from active and fulfilled goals. *Journal of Experimental Social Psychology, 41*(3), 220−239.

Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology, 47*(1), 72−89.

Goschke, T., & Kuhl, J. (1993). Representation of intentions: Persisting activation in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 19*(5), 1211−1226.

Harrison, T. L., Mullet, H. G., Whiffen, K. N., Ousterhout, H., & Einstein, G. O. (2014). Prospective memory: Effects of divided attention on spontaneous retrieval. *Memory and Cognition, 42*(2), 212−224.

Hefer, C., Cohen, A. L., Jaudas, A., & Dreisbach, G. (2017). The flexible engagement of monitoring processes in non-focal and focal prospective memory tasks with salient cues. *Acta Psychologica, 179*, 42−53.

Izquierdo, A., Brigman, J. L., Radke, A. K., Rudebeck, P. H., & Holmes, A. (2017). The neural basis of reversal learning: An updated perspective. *Neuroscience, 345*, 12−26.

Jones, W. E., Benge, J. F., & Scullin, M. K. (2021). Preserving prospective memory in daily life: A systematic review and meta-analysis of mnemonic strategy, cognitive training, external memory aid, and combination interventions. *Neuropsychology, 35*(1), 123−140.

Kimmel, S. E., Chen, Z., Price, M., Parker, C. S., Metlay, J. P., Christie, J. D., Brensinger, C. M., Newcomb, C. W., Samaha, F. F., & Gross, R. (2007). The influence of patient adherence on anticoagulation control with warfarin: Results from the international normalized ratio adherence and genetics (in-range) study. *Archives of Internal Medicine, 167*(3), 229−235.

Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2002). Complex prospective memory and executive control of working memory: A process model. *Psychologische Beiträge, 44*(2), 303−318.

Kretschmer-Trendowicz, A., & Altgassen, M. (2016). Event-based prospective memory across the lifespan: Do all age groups benefit from salient prospective memory cues? *Cognitive Development, 39*, 103−112.

Kuhl, J., & Beckmann, J. (1994). *Volition and personality: Action versus state orientation*. Göttingen, Germany: Hogrefe & Huber Publishers.

Kurtz, M., Scherbaum, S., Walser, M., Kanske, P., & Möschl, M. (2022). Dissociating sub-processes of aftereffects of completed intentions and costs to the ongoing task in prospective memory: A mouse-tracking approach. *Memory and Cognition, 50*(7), 1590−1613.

Marsh, R. L., Cook, G. I., & Hicks, J. L. (2006). Task interference from event-based intentions can be material

specific. *Memory and Cognition, 34*(8), 1636−1643.

Marsh, R. L., Hicks, J. L., & Bink, M. L. (1998). Activation of completed, uncompleted, and partially completed intentions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 24*(2), 350−361.

Matos, P., & Albuquerque, P. B. (2021a). From retrospective to prospective memory research: A framework for investigating the deactivation of intentions. *Cognitive Processing, 22*(3), 411−434.

Matos, P., & Albuquerque, P. B. (2021b). Moving forward: Exploring the role of interference on prospective memory deactivation. *Acta Psychologica, 219*, Article 103395. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103395

Matos, P., Santos, F. H., & Albuquerque, P. B. (2020). When we must forget: The effect of cognitive load on prospective memory commission errors. *Memory, 28*(3), 374−385.

May, C. P., Manning, M., Einstein, G. O., Becker, L., & Owens, M. (2015). The best of both worlds: Emotional cues improve prospective memory execution and reduce repetition errors. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 22*(3), 357−375.

McDaniel, M. A., Bugg, J. M., Ramuschkat, G. M., Kliegel, M., & Einstein, G. O. (2009). Repetition errors in habitual prospective memory: Elimination of age differences via complex actions or appropriate resource allocation. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 16*(5), 563−588.

McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2000). Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: A multiprocess framework. *Applied Cognitive Psychology, 14*(7), S127−S144.

McDaniel, M. A., Guynn, M. J., Einstein, G. O., & Breneiser, J. (2004). Cue-focused and reflexive-associative processes in prospective memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 30*(3), 605−614.

McDaniel, M. A., Umanath, S., Einstein, G. O., & Waldum, E. R. (2015). Dual pathways to prospective remembering. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, Article 392. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00392

Meier, B., & Cottini, M. (2023). After-effects of responding to activated and deactivated prospective memory target events differ depending on processing overlaps. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 49*(3), 389−406.

Meier, B., & Rey-Mermet, A. (2018). After-effects without monitoring costs: The impact of prospective memory instructions on task switching performance. *Acta Psychologica, 184*, 85−99.

Meier, B., & Rey-Mermet, A. (2012). Beyond monitoring: After-effects of responding to prospective memory targets. *Consciousness and Cognition, 21*(4), 1644−1653.

Möschl, M., Fischer, R., Bugg, J. M., Scullin, M. K., Goschke, T., & Walser, M. (2020). Aftereffects and deactivation of completed prospective memory intentions: A systematic review. *Psychological Bulletin, 146*(3), 245− 278.

Möschl, M., Walser, M., Surrey, C., & Miller, R. (2019). Prospective memory under acute stress: The role of (output) monitoring and ongoing-task demands. *Neurobiology of Learning and Memory, 164*, Article 107046. https://doi.org/10.1016/j.nlm.2019.107046

Nader, K., & Hardt, O. (2009). A single standard for memory: The case for reconsolidation. *Nature Reviews Neuroscience, 10*(3), 224−234.

Penningroth, S. L. (2011). When does the intention-superiority effect occur? Activation patterns before and after task completion, and moderating variables. *Journal of Cognitive Psychology, 23*(1), 140−156.

Pink, J. E., & Dodson, C. S. (2013). Negative prospective memory: Remembering not to perform an action. *Psychonomic Bulletin and Review, 20*(1), 184−190.

Schaper, P., & Grundgeiger, T. (2017). Commission errors in delay-execute prospective memory tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 70*(8), 1423−1438.

Schaper, P., & Grundgeiger, T. (2019). Commission errors with forced response lag. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 72*(10), 2380−2392.

Scullin, M. K., Ball, B. H., & Bugg, J. M. (2020). Structural correlates of commission errors in prospective memory. *Cortex, 124*, 44−53.

Scullin, M. K., & Bugg, J. M. (2013). Failing to forget: Prospective memory commission errors can result from spontaneous retrieval and impaired executive control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 39*(3), 965−971.

Scullin, M. K., Bugg, J. M., & McDaniel, M. A. (2012). Whoops, I did it again: Commission errors in prospective memory. *Psychology and Aging, 27*(1), 46−53.

Scullin, M. K., Bugg, J. M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2011). Prospective memory and aging: Preserved spontaneous retrieval, but impaired deactivation, in older adults. *Memory and Cognition, 39*(7), 1232−1240.

Scullin, M. K., Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2009). Evidence for spontaneous retrieval of suspended but not finished prospective memories. *Memory and Cognition, 37*(4), 425−433.

Scullin, M. K., McDaniel, M. A., & Shelton, J. T. (2013). The dynamic multiprocess framework: Evidence from prospective memory with contextual variability. *Cognitive Psychology, 67*(1−2), 55−71.

Shelton, J. T., & Scullin, M. K. (2017). The dynamic

interplay between bottom-up and top-down processes supporting prospective remembering. *Current Directions in Psychological Science, 26*(4), 352−358.

Skladzien, E. M. (2010). Age differences in output-monitoring accuracy. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *17*(2), 240−256.

Smith, R. E., Hunt, R. R., McVay, J. C., & McConnell, M. D. (2007). The cost of event-based prospective memory: Salient target events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 33*(4), 734−746.

Streeper, E., & Bugg, J. M. (2021). Deactivation of prospective memory intentions: Examining the role of the stimulus-response link. *Memory and Cognition, 49*(2), 364−379.

Strickland, L., Loft, S., Remington, R. W., & Heathcote, A. (2018). Racing to remember: A theory of decision control in event-based prospective memory. *Psychological Review, 125*(6), 851−887.

Walser, M., Fischer, R., & Goschke, T. (2012). The failure of deactivating intentions: Aftereffects of completed intentions in the repeated prospective memory cue paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 38*(4), 1030−1044.

Walser, M., Goschke, T., & Fischer, R. (2014). The difficulty of letting go: Moderators of the deactivation of completed intentions. *Psychological Research, 78*(4), 574−583.

Walser, M., Goschke, T., Möschl, M., & Fischer, R. (2017). Intention deactivation: Effects of prospective memory task similarity on aftereffects of completed intentions. *Psychological Research, 81*(5), 961−981.

Walser, M., Plessow, F., Goschke, T., & Fischer, R. (2014). The role of temporal delay and repeated prospective memory cue exposure on the deactivation of completed intentions. *Psychological Research, 78*(4), 584−596.

Xin, C., Chen, Y., Zhang, M., Guo, Y., & Hu, J. (2022). The effect of emotional target and context on the aftereffects of prospective memory. *Current Psychology.* Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s12144-022-03907-0

Zeigarnik, B. (1938). On finished and unfinished tasks. In W. D. Ellis (Ed.), *A source book of Gestalt psychology* (pp. 300−314). New York: Harcourt, Brace, & World.

Zimmermann, T. D., & Meier, B. (2010). The effect of implementation intentions on prospective memory performance across the lifespan. *Applied Cognitive Psychology, 24*(5), 645−658.

Effects of task characteristics and individual traits on the aftereffects of event-based prospective memory and its mechanism

XIN Cong, ZHENG Yuanxia, CHEN Zhongqi, LIU Guoxiong

(*School of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing* 210097, *China*)

Abstract: The phenomenon in which an individual repeatedly performs an already completed prospective memory (PM) intention (commission errors), or the completed intention interferes with the performance of the ongoing task are the aftereffects of PM. Based on the multiple processing theory of PM, a literature review revealed that task characteristics (PM task characteristics, ongoing task characteristics, task context) and individual traits modulate the aftereffects of event-based PM. Theoretical explanations for the processing mechanisms of the aftereffects of event-based PM include automatic, controlled, extraction-inhibition, stop-tag, and dual processing, and dynamic multiprocess framework. Among these, automatic processing is subdivided into reflexive-associative and discrepancy-plus-search processing, while controlled processing can be divided into strategic monitoring and inhibition processing. The formation of aftereffects of event-based PM is more closely related to automatic and strategic monitoring processing, and the deactivation of such aftereffects is more dependent on inhibitory processing. The processing mechanisms of the aftereffects of event-based PM need to be explored in-depth. Furthermore, future research should increase the investigation of aftereffects of PM in different types as well as natural contexts, and focus on exploring strategies to reduce the aftereffects of PM.

Keywords: aftereffects of prospective memory, task characteristics, individual traits, automatic processing, controlled processing